

dr hab. inż. Piotr Krzywiec, prof. nadzw. ING PAN  
Instytut Nauk Geologicznych PAN  
ul. Twarda 51/55  
00-818 Warszawa  
email: piotr.krzywiec@twarda.pan.pl

Warszawa, 2019/01/16

**Recenzja rozprawy doktorskiej  
Pana mgr Andrzeja Urbańca zatytułowanej  
„Rozwój litofacjalny utworów jury górnej i kredy dolnej w rejonie  
Dąbrowa Tarnowska – Dębica na podstawie interpretacji sejsmiki 3D”**

Recenzowana praca doktorska, opracowana pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Jacka Matyszkiewicza z Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH, przygotowana została w Instytucie Nafty i Gazu w Krakowie. Liczy ona 211 stron i składa się z 9 rozdziałów **((1) Wstęp, (2) Budowa geologiczna środkowej części przedgórze polskich Karpat, (3) Historia badań i aktualny stan rozpoznania kompleksu węglanowego górnej jury i dolnej kredy przedgórze Karpat, (4) Litostratygrafia wraz z charakterystyką jednostek wyróżnianych w badanym rejonie, (5) Analiza mikrofacjalna i mikropaleontologiczna badanych utworów węglanowych oraz możliwość określenia ich zasięgu wiekowego, (6) Analiza obrazu sejsmicznego 3D w celu określenia zróżnicowania facjalnego, (7) Przekroje litofacjalne ze szczególnym uwzględnieniem lokalizacji kompleksów jurajskich budowli organicznych, (8) Historia depozycyjna późnojurajsko - wczesokredowego basenu sedymentacyjnego przedgórze Karpat wraz z określeniem czynników wpływających na rozkład facji w obszarze badań, (9) Dyskusja wyników badań)** oraz pozostającego poza numeracją spisu literatury. Recenzowana praca doktorska jest bogato ilustrowana, poziom techniczny przygotowania figur jest generalnie wysoki, co ułatwia jej lekturę i zrozumienie głównych tez.

Praca doktorska mgr Urbańca oparta jest o wyniki uzyskane przez Doktoranta w czasie jego pracy w PGNiG S.A., częściowo we współpracy z osobami z PGNiG i z Geofizyki Kraków, oraz o wyniki uzyskane już po jego przejściu do Instytutu Nafty i Gazu. Zostało to opisane w pracy ale na moją prośbę Doktorant przesłał mi szczegółową informację o współautorstwie poszczególnych części swojego doktoratu, tak żeby wykluczyć tu wszelkie ewentualne niejasności. Pismo to, jasno określające autorstwo poszczególnych części tekstu i figur, dołączone jest do niniejszej recenzji.

Zgodnie ze swoim tytułem recenzowana praca zawiera wyniki analizy utworów górnej jury i dolnej kredy w rejonie Dąbrowa Tarnowska – Dębica na podstawie interpretacji sejsmiki 3D. Wprawdzie we wstępie Doktorant napisał, iż wykonana w ramach jego rozprawy analiza utworów węglanowych górnej jury i dolnej kredy w rejonie Dąbrowa Tarnowska - Dębica uwzględniała „*różne aspekty i metody interpretacji badanych serii skalnych (w tym opisy cech makroskopowych rdzeni wiertniczych, analizę mikrofacjalną i mikropaleontologiczną, interpretację profilowań geofizyki otworowej oraz interpretację obrazu sejsmicznego 3D*” ale tak czy inaczej esencją wykonanych przezeń prac badawczych była interpretacja danych sejsmicznych, i w związku z tym przede wszystkim części „sejsmicznej” rozprawy doktorskiej i wniosków z niej wynikających dotyczy niniejsza recenzja.

Praca doktorska P. mgr Urbańca po pewnych uzupełnieniach opisanych poniżej może stanowić dobry punkt wyjścia do przygotowania 1-2 artykułów skierowanych do krajowych i zagranicznych periodyków geologicznych.

W pierwszym rozdziale (**Wstęp**) Doktorant krótko omówił cele i zakres swojej pracy, wskazując zarazem na udział innych osób w realizacji opisanych w rozprawie prac i definiując krótko ich wkład.

Rozdział 2 (**Budowa geologiczna środkowej części przedgórza polskich Karpat**), w całości przygotowany przez Doktoranta, zawiera obszerny opis budowy geologicznej obszaru badań na tle budowy geologicznej południowej Polski. Omówiono w nim utwory od neoproterozoiku po kenozoik. W podrozdziale 2.1 przeanalizowana została budowa geologiczna przedpola Karpat, ze szczególnym naciskiem na utwory górnej jury i dolnej kredy, oraz frontalnej części orogenu karpackiego, a w podrozdziale 2.2 zawarty jest zarys ewolucji tektonicznej tego obszaru. Rozdział 2 został odpowiednio zilustrowany i wsparty licznymi odniesieniami do literatury. Jedyne ewentualnym mankamentem jest brak regionalnego przekroju geologicznego (najlepiej o orientacji SW-NE), przechodzącego przez analizowane dane sejsmiki 3D – pozwoliłby on na lepsze zrozumienie kontekstu tektonicznego obszaru badań, szczególnie w odniesieniu do etapów, które nastąpiły po zakończeniu depozycji analizowanych w doktoracie serii skalnych czyli przede wszystkim w trakcie późnokredowo - paleogeńskiej inwersji przedpola Karpat, oraz powstania basenu zapadliska przedkarpackiego w miocenie.

W rozdziale 3 (**Historia badań i aktualny stan rozpoznania kompleksu węglanowego górnej jury i dolnej kredy przedgórza Karpat**), w całości przygotowanym przez Doktoranta, znalazło się bardzo szczegółowe omówienie ewolucji poglądów na temat budowy geologicznej utworów górnej jury i dolnej kredy obszaru badań, sięgające pierwszej połowy XX wieku czyli okresu, kiedy były wykonane pierwsze wiercenia, które sięgnęły jury i kredy na tym obszarze. Bardzo cenna jest fig. 9 zawarta w tym rozdziale, syntetycznie podsumowująca zmiany poglądów na temat litostratygrafii oksfordu – hoterywu, dzięki czemu stworzony został istotny punkt odniesienia dla dalszych analiz geologicznych a przede wszystkim geofizycznych (sejsmicznych). W rozdziale 3 znalazły się liczne odniesienia literaturowe, tak do „klasycznych” prac geologicznych jak i do prac powstałych w efekcie prowadzonych poszukiwań węglowodorów, dzięki czemu stanowi on solidne kompendium podsumowujące dotychczasowe badania górnej jury i dolnej kredy na obszarze będącym obiektem zainteresowania Doktoranta.

Rozdział 4 (**Litostratygrafia wraz z charakterystyką jednostek wyróżnianych w badanym rejonie**) to *de facto* kontynuacja i zarazem uszczegółowienie tematyki omówionej wstępnie w rozdziale 3. Składa się on z trzech części. Podrozdział 4.1 został w całości opracowany przez Doktoranta w oparciu o dane literaturowe, podrozdział 4.2 powstał we współpracy z mgr inż. Katarzyną Drabik, która była współautorką fotografii makroskopowych rdzeni, pozostała – kluczowa w kontekście całej pracy doktorskiej - część tego podrozdziału jest autorstwa mgr Urbańca, podrozdział 4.3 to w całości efekt pracy Doktoranta. Litostratygrafia górnej jury i dolnej kredy omówiona została w odniesieniu do literatury przedmiotu oraz opisów rdzeni wspartych danymi geofizyki otworowej. Po ogólnym omówieniu litostratygrafii badanych utworów na obszarze Kraków – Dębica Doktorant szczegółowo opisał te wydzielenia w odniesieniu do otworów ulokowanych na obszarze badań: Osice-1, Nieczajna-4, Żukowice-39, Oleśnica-3 i Wiewiórka-4. Szczegółowe zestawienie zestandaryzowanych wydzieleni litostratygraficznych dla tych otworów zawarte zostało w tabeli 1. Zdefiniowane granice poszczególnych wydzieleni wykorzystane zostały jako punkt odniesienia do interpretacji danych sejsmicznych.

Tematyka stratygraficzna utworów górnej jury i dolnej kredy kontynuowana była w rozdziale 5 (**Analiza mikrofacjalna i mikropaleontologiczna badanych utworów węglanowych oraz możliwość określenia ich zasięgu wiekowego**). Ta część rozprawy doktorskiej powstała we współpracy z P. mgr Lucyną Bobrek i P. mgr Barbarą Świetlik, które są autorkami oznaczeń mikroskamieniałości oraz współautorkami opisów odmian mikrofacjalnych; pozostała część rozdziału 5 jest autorstwa mgr Urbańca. Rozdział ten podzielony został na 9 podrozdziałów, odpowiadających 9 wydzielonym w obrębie analizowanych osadów seriom: serii gąbkowo-globuligerinowej, serii wielkich bioherm gąbkowo-mikrobiałnych, serii detrytycznych wapieni gąbkowych, serii marglisto-wapiennej, serii koralowcowo-onkolitowej, serii muszlowcowo-oolitowej dolnej, serii marglisto-

muszlowcowej, serii mułowcowo-wapiennej oraz serii muszlowcowo-oolitowej górnej. Wszystkie one zostały scharakteryzowane pod względem mikrofacjalnym oraz dokonana została analiza ich wieku w oparciu o badania mikropaleontologiczne. Wyniki te zostały następnie wykorzystane jako punkt odniesienia do konstrukcji modelu geologicznego górnej jury i dolnej kredy opartego o dane sejsmiczne 3D.

Kluczowe wyniki analityczne recenzowanej pracy doktorskiej zawarte są w rozdziale 6 (**Analiza obrazu sejsmicznego 3D w celu określenia zróżnicowania facjalnego**), który podzielony został na trzy podrozdziały. Dwa pierwsze (6.1. *Ogólna charakterystyka danych sejsmicznych* oraz 6.2. *Interpretacja strukturalna*) oparte są o materiały z dokumentacji zdjęcia sejsmicznego 3D Jastrząbka – Żarówka powstałego w Geofizyce Kraków, natomiast podrozdział 6.3. *Analiza obrazu sejsmicznego w oparciu o wybrane atrybuty sejsmiczne* jako punkt odniesienia zawiera wyniki interpretacji strukturalnej powstałej w Geofizyce Kraków natomiast jego esencja czyli wyniki analiz sejsmostratygraficznych opartych o analizę atrybutów sejsmicznych są autorstwa Doktoranta. Podrozdział 6.1 (*Ogólna charakterystyka danych sejsmicznych*) zawiera omówienie danych sejsmicznych, wykorzystanych w recenzowanej rozprawie doktorskiej tj. połączonych zdjęć sejsmicznych 3D „Gruszów-Nieczajna” oraz „Jastrząbka-Żarówka”. Warto w tym miejscu podkreślić, iż Doktorant, pracując jeszcze w PGNiG, był współautorem projektu robót geologicznych, w ramach których zaplanowano reprocessing i połączenie tych zdjęć sejsmicznych. Po b. krótkim omówieniu wybranych elementów akwizycji danych Doktorant wspominał – niestety tylko wspominał – o, jak to sam określił, jednym najbardziej istotnych etapów opracowania danych wynikowych tj. o kalibracji danych sejsmicznych za pomocą danych otworowych. Piszę tu celowo „wspominał”, gdyż zagadnieniu temu jest poświęcony tylko jeden dwuzdaniowy paragraf zilustrowany figurą pochodzącą z opracowania Geofizyki Kraków. W przypadku szczegółowych analiz sejsmostratygraficzno – sejsmofacjalnych jak najprecyzyjniejsza korelacja danych otworowych i sejsmicznych ma kluczowe znaczenie, tak dla zagadnień *stricte* stratygraficznych jak i litologicznych etc. W rozdziale 4 litostratygrafia górnej jury i dolnej kredy została szczegółowo zestawiona dla 5 otworów: Osice-1, Nieczajna-4, Żukowice-39, Oleśnica-3 i Wiewiórka-4. Dwa z nich (Osice-1 i Nieczajna-4) znajdują się w obrębie połączonego zdjęcia „Gruszów-Nieczajna” - „Jastrząbka-Żarówka”, trzy ulokowane są w jego pobliżu. Optymalnym podejściem byłoby wykonanie dowiązań za pomocą sejsmogramów syntetycznych dla wszystkich tych otworów – w przypadku otworów Żukowice-39, Oleśnica-3 i Wiewiórka-4 można było wykorzystać np. dane 2D położone w ich pobliżu i łączące je ze zdjęciem „Gruszów-Nieczajna” - „Jastrząbka-Żarówka”. Poza dowiązaniem granic wydzielonych jednostek stratygraficznych do danych sejsmicznych przeprowadzić też warto byłoby analizę wykształcenia litologicznego profilu górnej jury i dolnej kredy w odniesieniu do zmienności sejsmicznego pola falowego w najbliższym otoczeniu tych otworów. Tego typu analiza, którą nazwać można jednowymiarową analizą sejsmostratygraficzną, przeprowadzona w oparciu o sejsmogramy syntetyczne obliczone z wykorzystaniem różnych sygnałów etc., pozwoliłaby na szczegółowe zdefiniowanie punktu odniesienia do przestrzennych analiz opisanych w podrozdziale 6.3. Podrozdział 6.2 (*Interpretacja strukturalna*) zawiera omówienie wyników strukturalnego kartowania sejsmicznego wybranych granic sejsmicznych (strop neoproterozoiku, strop karbonu, strop pstrego piaskowca środkowego i dolnego, spąg jury, granica wewnątrzjurajska, strop górnej jury i dolnej kredy, strop górnej kredy oraz strop mioceńskich anhydrytów). Zgodnie z opisem podanym przez Doktoranta „*wyinterpretowaną w Geofizyce Kraków S.A. sieć dyslokacji w toku prowadzonych badań, związanych z tematem niniejszej rozprawy doktorskiej, zmieniono na ogół w niewielkim stopniu, np. rezygnując z niektórych lub też łącząc dwie oddzielne płaszczyzny w jedną, a także przekorelowując przebieg kilku dyslokacji w obrębie kompleksu jurajskodolnokredowego, podczas gdy miejsca przecięcia powierzchni stropu i spągu kompleksu przez płaszczyzny dyslokacji pozostały na ogół nie zmienione*”. Biorąc pod uwagę, iż ten etap interpretacji wykonany został w Geofizyce Kraków, zaprezentowany model strukturalny nie był przeze mnie szczegółowiej analizowany, jednak muszę stwierdzić, że z niektórymi z jego elementów trudno mi się zgodzić, np. trudno mi wytłumaczyć

lokalizację kilku uskoków pokazanych na fig. 68 w sytuacji, gdy nie widać na nich żadnych przemieszczeń. Nie wchodząc w szczegóły moim zdaniem autorzy tej interpretacji w zdecydowanie zbyt dużym stopniu przedłużali deformacje uskoku widoczne na większych głębokościach (podłoże – paleozoik – trias) w obręb kompleksu jurajsko-kredowego. Podrozdział 6.3. zatytułowany *Analiza obrazu sejsmicznego w oparciu o wybrane atrybuty sejsmiczne* zawiera elementy interpretacji danych sejsmicznych kluczowe dla recenzowanej pracy doktorskiej. Doktorant, wykorzystując możliwości oprogramowania Petrel, poddał dane sejsmiki 3D przetworzeniu obliczając szereg atrybutów sejsmicznych, które posłużyły mu do szczegółowego przeanalizowania budowy geologicznej kompleksu górnourajsko – dolnokredowego. Każda z uzyskanych w ten sposób wersji danych 3D została przeanalizowana pod kątem zmian litologiczno-facjalnych oraz strukturalnych. Wyniki przetworzeń i wykonanej w oparciu o nie interpretacji zostały szczegółowo udokumentowane licznymi figurami. Podsumowując tę część wykonanych prac można stwierdzić, że Doktorant wykazał się dobrą znajomością tego typu zaawansowanych technik interpretacji danych sejsmicznych a opracowana przez niego budowa geologiczna kompleksu górnej jury – dolnej kredy została w przekonujący sposób uzasadniona.

Rozdział 7 (**Przekroje litofacjalne ze szczególnym uwzględnieniem lokalizacji kompleksów jurajskich budowli organicznych**) stanowi podsumowanie wyników interpretacji zaprezentowanych w rozdziale 6, wspartych o wyniki analiz danych otworowych (roz. 4 i roz. 5). W rozdziale tym wykorzystane zostały elementy interpretacji strukturalnej wykonanej w Geofizyce Kraków, reszta wyników jest autorstwa Doktoranta. Rozdział 7.2. (*Przekroje litofacjalne*) zawiera serię przekrojów sejsmiczno-geologicznych, syntetyzujących wyniki z poprzednich rozdziałów i pokazujących przestrzenne rozprzestrzenienie wcześniej wydzielonych serii skalnych. W rozdziale 7.2 (*Rozmieszczenie kompleksów biohermowych górnej jury względem morfologii podłoża jury*) Doktorant przeprowadził analizę relacji lokalizacji kompleksów biohermalnych do morfologii podłoża jury. Ta część jego wyników jest dla mnie najmniej przekonująca. Występujący tu problem polega na tym, iż współczesną strukturę Doktorant odnosi do momentu depozycji analizowanych przez siebie utworów węglanowych górnej jury i dolnej kredy czyli innymi słowy do późnej jury i wczesnej kredy. Píše on, iż „uzyskane wyniki jednoznacznie wskazują, że wyinterpretowane kompleksy biohermowe usytuowane są w nadkładzie największych kulminacji, jakie dostrzec można w planie strukturalnym spągu jury”. Jest to prawdziwe stwierdzenie jednak należy wziąć pod uwagę fakt, iż współczesna regionalna geometria kompleksu mezozoicznego – do której Doktorant odnosi etap depozycji utworów węglanowych górnej jury i dolnej kredy - została ukształtowana już po ich depozycji, w efekcie późnokredowo-paleogeńskiej tektoniki inwersyjnej, która doprowadziła do powstania systemu struktur antyklinalnych ciągnących się od obszaru niecki nidziańskiej (strefy Opatkowic, Zagości i Kostek Małych) na NW po rejon Tarnowa – Dębicy na SE. Obszar badań omawiany w recenzowanej rozprawie doktorskiej znajduje się w tej strefie, i struktury widoczne na danych sejsmicznych (np. antyklina pokazana na fig. 119) mają właśnie taką genezę. Autor opisuje współczesną budowę strukturalną pomijając w swojej analizie etap inwersji - „odjęcie” efektów strukturalnych z niej wynikających byłoby konieczne dla poprawnej analizy geometrii basenu w późnej jurze – wczesnej kredzie. Doktorant przeanalizował różne aspekty ewolucji paleozoicznej czy triasowej, jednak etap późnokredowo-paleogeński pominął milczeniem, mimo że w opisie budowy geologicznej obszaru badań o etapie inwersyjnym sam dość szeroko pisze.

Rozdział 8 (**Historia depozycyjna późnojurajsko - wczesokredowego basenu sedymentacyjnego przedgórza Karpat wraz z określeniem czynników wpływających na rozkład facji w obszarze badań**) jest w całości autorstwa mgr Urbańca za wyjątkiem jednej mapy, pochodzącej z opracowania Geofizyki Kraków. Zawarł on w nim model depozycyjny dla analizowanych utworów górnej jury i dolnej kredy uwzględniający takie zjawiska jak sedymentacja syntektoniczna, redepozycja osadów w otoczeniu budowli węglanowych, lateralne zmiany litologiczne związane częściowo z morfologią dna zbiornika sedymentacyjnego etc. Terminologia używana miejscami w odniesieniu do zjawisk

tektonicznych nie jest optymalnie dobrana (pakiety osadów „zjeżdżające” pod wpływem grawitacji – str. 180) ale sam model został w przekonujący sposób uzasadniony. Pewnym mankamentem jest brak odniesień do przykładów tego typu budowli węglanowych zobrazowanych na danych sejsmicznych w innych basenach osadowych – literatura przedmiotu jest bardzo bogata i Autor miałby bez wątpienia z czego wybierać chcąc znaleźć analogiczne struktury etc. dla dodatkowego uzasadnienia swoich interpretacji. W pracy doktorskiej tego typu odniesienia byłyby bez wątpienia bardzo *a’propos* i mile widziane.

Krótki rozdział 9 (**Dyskusja wyników badań**) to właściwie podsumowanie uzyskanych wyników, zakończone pozostającym poza numeracją podrozdziałem „Wnioski”

Reasumując, można stwierdzić, iż recenzowany doktorat mimo kilku stwierdzonych braków to dojrzałe studium geofizyczno-geologiczne oparte na analizie danych otworowych i sejsmicznych, stanowiące bez wątpienia samodzielny dorobek Doktoranta i dokumentujące jego wiedzę dotyczącą interpretacji danych sejsmicznych dla utworów eglanowych i, generalnie rzecz ujmując, zintegrowanych analiz geologiczno - geofizycznych. Doktorant wykazał, iż jest przygotowany do prowadzenia samodzielnych badań naukowych z wykorzystaniem zaawansowanych narzędzi interpretacyjnych. Biorąc to pod uwagę mogę stwierdzić, że praca Pana mgr Andrzeja Urbańca zatytułowana „*Rozwój litofacjalny utworów jury górnej i kredy dolnej w rejonie Dąbrowa Tarnowska – Dębica na podstawie interpretacji sejsmiki 3D*” spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim w stosownej Ustawie o stopniach i tytule naukowym, i w związku z tym wnioskuję do Rady Naukowej WGGiOŚ AGH o dopuszczenie Doktoranta do dalszego postępowania w przewodzie doktorskim.